

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-282227

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 S 13/26
7/292

識別記号

F I

G 0 1 S 13/26
7/292

E

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-99893
(22) 出願日 平成10年(1998) 3 月30日
(31) 優先権主張番号 9 7 0 3 8 4 1
(32) 優先日 1997年 3 月28日
(33) 優先権主張国 フランス (F R)

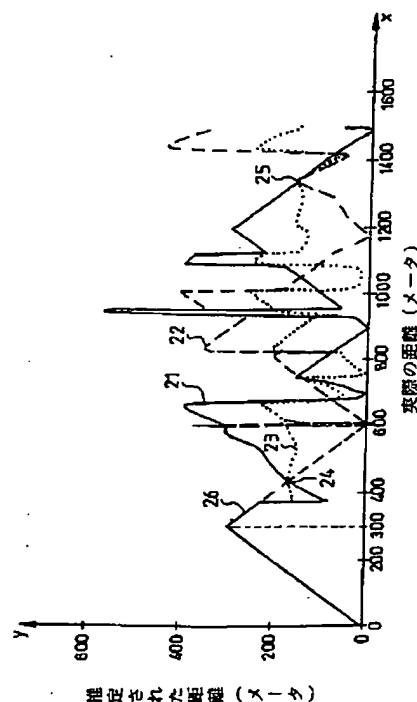
(71) 出願人 591000827
トムソン・セーエスエフ
THOMSON-CSF
フランス国、75008・パリ、ブルバール・
オースマン・173
(72) 発明者 バスカル コルニク
フランス国、29290 サン ルナン、
リュ スュルクーフ、16番地
(72) 発明者 ジャン・ポール アルティ
フランス国、29280 ブルザンヌ、ア
レ ジャケ リウ、3番地
(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

(54) 【発明の名称】 周波数シフトキーイング連続波レーダに適用される距離のアンビギティの除去方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 距離のアンビギティを除去する方法とその装置を開示する。

【解決手段】 本方法は幾つかの推定関数(21、22、23)を用いてレーダにより検出された目標の距離を計算する。推定関数がほぼ同じ結果の時、該目標はアンビギティでない距離の範囲にあると定義され、推定関数が異なる結果の時目標はアンビギティの距離の領域内にあると定義される。応用は、特に周波数シフトキーイングに対してであり、自動車の交通制御に対する連続波レーダである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーダの距離のアンビギティを除去する方法であって、幾つかの推定関数を用いてレーダで検出した目標からの距離を計算し、該目標は推定関数がほぼ同じ結果の時はアンビギティでない距離の領域内にあるとして定められ、推定関数が異なる結果の時はアンビギティな距離の領域内にあるとして定められ、該距離の推定関数が次の関数式で定義され：

【数1】

$$\hat{d}_k = \left| \text{Argument}[u_k] \cdot \frac{c}{2\pi\nu[(k_i + k_j) - (k_m + k_n)]} \right|$$

ここに、

【外1】

$$\hat{d}_k$$

は推定された距離であり； c は光速であり； u_k は $u_k = (r_i - r_j) (r_m - r_n)^*$ で、 r_i 、 r_j 、 r_m 及び r_n はそれぞれ送信フレームの i 、 j 、 m 及び n の順序の周波数に関して受信された信号であり； k_i 、 k_j 、 k_m 、及び k_n は次の様なフレームの送信周波数 F_i 、 F_j 、 F_m 、 F_n を定める係数であり：

$$F_i = F + k_i \nu_i$$

$$F_j = F + k_j \nu_j$$

$$F_m = F + k_m \nu_m$$

$$F_n = F + k_n \nu_n$$

ここに、 F は所定の基本周波数であり、 ν_i 、 ν_j 、 ν_m 、 ν_n はコンプリメンタリ周波数である、ことを特徴とするレーダの距離のアンビギティを除去する方法。

【請求項2】 コンプリメンタリ周波数 ν_i 、 ν_j 、 ν_m 、 ν_n が所定の周波数 ν にほぼ等しいことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 少なくとも1つの推定関数がある送信フレーム (F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4) から他の送信フレームに変更されることを特徴とする請求項1に記載

の方法。

【請求項4】 1つの推定のみが送信フレーム (F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4) 毎に行われることを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項5】 同じ推定関数がある送信フレーム (F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4) から他の送信フレームまでに使用されていることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】 レーダが周波数シフトキーイングレーダであり、各フレームが所定数の連続した送信周波数を備え、推定関数が受信した信号の組から得られる異なる信号間の位相差に基づいており、各信号がフレームの周波数に対応していることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】 基本周波数 F が76から77GHz帯にあることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項8】 4つの周波数 (F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3) を備えたフレームに対し、係数 k_i 、 k_j 、 k_m 及び k_n がそれぞれ0、1、2及び3に等しく、コンプリメンタリ周波数 ν が250kHzに等しいことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項9】 5つの周波数 (F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4) を備えたフレームに対し、第1の周波数 (F_0) が基本周波数 F に等しく、係数 k_i 、 k_j 、 k_m 及び k_n がそれぞれ0、1、2及び3に等しく、コンプリメンタリ周波数 ν が250kHzに等しいことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項10】 周波数フレーム当たり使用されている推定関数の数が3であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項11】 3つの推定関数、

【外2】

$$\hat{d}_7, \hat{d}_8, \hat{d}_{13}$$

が次の関係式：

【数2】

$$\hat{d}_1 = \left| \text{Argument} \left[(r_0 - r_2)(r_1 - r_2)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi \nu [(k_0 + k_2) - (k_1 + k_2)]} \right|$$

$$\hat{d}_2 = \left| \text{Argument} \left[(r_0 - r_2)(r_1 - r_3)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi \nu [(k_0 + k_2) - (k_1 + k_3)]} \right|$$

$$\hat{d}_{13} = \left| \text{Argument} \left[(r_1 - r_2)(r_1 - r_3)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi \nu [(k_1 + k_2) - (k_1 + k_3)]} \right|$$

により定められることを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】 周波数シフトキーイングレーダであるレーダが少なくとも、

- 各送信周波数(F0, F1, F2, F3)に関連した1つの受信チャンネルを備え、各チャンネルが受信信号をサンプリングする少なくとも1つのアナログ—デジタル変換器と、サンプリングされた信号を記憶するためのメモリと、サンプリングされた信号を補間しフィルタリングの手段とを備えており；
- 異なる信号を形成するための手段を備え、各チャンネルは出力でこれらの手段に接続されており、それぞれが異なるチャンネルにある2個づつ取った信号の差が計算されており；
- 異なる信号間の位相シフトを定める様に設計された高速フーリエ変換計算手段と；
- 前述の位相シフトからの距離の推定を計算する手段と；を備えていることを特徴とする前述の請求項のいずれか1つに基づく方法を実施する装置。

【請求項13】 補間とフィルタリングの手段により直線的な補間を行い、検出された目標に対し、あるチャンネルと他のチャンネルの間のドップラー位相シフト内のいかなる差に対しても補償を得ることで、これらの位相シフトは送信と受信が全てのチャンネルについて時間的に同じ点で行われないことに関係していることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項14】 補間とフィルタリングの手段によりローパスフィルタリングを行い、該ローパスフィルタリングのカットオフ周波数が最大ドップラー位相シフトに対応していることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項15】 装置の回路がデジタル技術回路であることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は特に周波数シフトキ

*ーイング連続波(FSK—CW)レーダに適用される距離のアンビギティの除去方法及びその装置に関する。該発明は例えば、自動車用レーダに適用でき、より一般的には検出効率が高く、低価格で製造できることを必要とする周波数シフトキーイングレーダに適用できる。

【0002】

【従来の技術】 周波数シフトキーイング連続波レーダは幾つかの送信周波数、例えば4つの周波数を発射する。この種のレーダは例えばACC(自動車巡航制御)タイプの機能を有する自動車に取り付けることができる。この種のレーダは自動車の巡航速度を制御する様に設計されている。該レーダは運搬車両の通路内にいる一番近い車両を検出し、場所を突き止める。特に距離に関する情報は例えばコンピュータに送信される。該コンピュータは適当なインターフェイスを通して、エンジン制御システムを動作させ、運搬車両とその先行車両の間の距離を調整する。

【0003】 所定の送信周波数に対し、該レーダが前記送信の間受信を行うことを必要とするならば、解決すべき1つの問題は受信された信号が正しく所定の送信周波数に対応しているかを確かめることである。解決すべきこの問題はパルスレーダの場合二次トレース、即ち高次のトレースエコーの分析に例えられる。自動車レーダへの応用の場合、この問題はレーダの位置目標が互いに非常に異なるレーダ等価表面(RES)を有する場合には非常に大きな問題である。このため、例えば非常に大きなRESを有するトラックが、即ち更に運搬車両からの距離が大きいトラックをRESが小さく距離が非常に短い小さな車両として識別されることを防ぐ必要がある。

【0004】 この問題を解決するためある方法が使われていた。この方法は周波数フレームの受信の周期を利用する方法である。効率的にするため、この方法は受信の周期を非常に大きな割合に変える必要がある。これにより送信された波に対し衝撃係数が小さくなる。現在、所定の平均電力に対し、低い衝撃係数は高いピーク電力を

送信する必要があることを意味している。これは、例えば第1に全ての時間及びレーダ間干渉の制約のためできるだけ長い時間送信したい場合、及び第2にいわゆるM M I C技術を使用する見込みが高いピーク電力値を妨げる場合速度制御を行う様に設計された自動車用レーダの場合特に不可能である。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は送信されるピーク電力にいかなる増加も必要とすることなく距離のアンビギティを除去する方法を与え、同時に実施が経済的であり、それ故自動車の速度制御への応用に良く適合する方法を特に提供することである。この目的に対し、本発明の目的はレーダの距離のアンビギティを除去する方法であって、幾つかの推定関数を用いてレーダで検出した目標からの距離を計算し、該目標は推定関数がほぼ同じ結果の時はアンビギティでない距離の領域内にあるとして定められ、推定関数が異なる結果の時はアンビギティな距離の領域内にあるとして定められることを特徴とする方法である。

【0006】本発明の目的は、更に前述の方法を実施する装置である。

【0007】本発明の主な特徴は、本発明が推定された距離に関し高いレベルの信頼性を与え、デジタル受信機に良く適合し、基本発振器の周波数ドリフトと受信機の雑音に対し低い感度を示す距離の測定を与え、幾つかのタイプのレーダに適合し、更に実施が容易であることである。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明を説明するための例として与えた4つの周波数F0、F1、F2、F3を使用した場合の周波数シフトキーイング連続波レーダに対する送信における波形1の例と、受信における波形2の例を時間の関数としてそれぞれ与えている。レーダを処理する繰り返しのそれぞれに対し、該レーダは第1の周波数ではF0の信号で、第2の周波数ではF1の信号で、第3の周波数ではF2の周波数で、更に第4の周波数ではF3の信号で、周期が例えば2.5μsの送信を*

*連続的にやり、再び次の繰り返して、第1の周波数ではF1の信号で、以下同様に送信を行う。4つの連続した周波数F0、F1、F2、F3に基づき送信を構成する繰り返しはフレームと呼ばれる。より一般的には、フレームは周期的に繰り返される送信パターンである。本発明では応用例として4つの周波数のフレームで記載している。

【0009】しかし本発明は2以上のあらゆる数の周波数に適用できる。受信では、各周波数F0、F1、F2、F3の送信の間、受信機は周波数の送信の始めに例えば1μsに等しいアイドル時間の間閉じている。該受信機は例えば1.5μsである送信の残りの時間の間開いている。該アイドル時間は例えば150メートルから200メートルのレーダの制限の範囲内で次の周波数Fi+1の受信チャネル内で周波数がFiのエコー信号が応答することを最小にする様に特に設計されている。

【0010】該4つの周波数F0、F1、F2、F3は次の関係式に基づき示される：

$$F0 = F + k_0 \nu \quad (1)$$

$$F1 = F + k_1 \nu \quad (2)$$

$$F2 = F + k_2 \nu \quad (3)$$

$$F3 = F + k_3 \nu \quad (4)$$

【0011】ここに、Fは例えば自動車用レーダの場合76から77GHzであるレーダで使用される帯域のあらゆる周波数であり、係数kiは4つの異なる整数であり、νは所定の周波数を示している。

【0012】レーダの目標がレーダの範囲内に位置している限り、即ち例えば半径150から200メートル内にある限り、異なる周波数FiとFjを有する信号間の変調のオーバーラップ即ち相互変調は全くないか又は殆どない。従って、異なる受信チャネルで復調された時、それぞれ第1、第2、第3及び第4の送信周波数に対応し次の関係式で与えられる受信信号r0、r1、r2、r3を導き出すことができる：

【0013】

【数3】

$$r_0 = e^{4\pi j \frac{d}{c} F} \cdot e^{4\pi j \frac{d}{c} k_0 \nu} \quad (5)$$

$$r_1 = e^{4\pi j \frac{d}{c} F} \cdot e^{4\pi j \frac{d}{c} k_1 \nu} \quad (6)$$

$$r_2 = e^{4\pi j \frac{d}{c} F} \cdot e^{4\pi j \frac{d}{c} k_2 \nu} \quad (7)$$

$$r_3 = e^{4\pi j \frac{d}{c} F} \cdot e^{4\pi j \frac{d}{c} k_3 \nu} \quad (8)$$

(5)

特開平10-282227

7

8

【0014】ここに、振幅は1に標準化されており、 d * 【0015】次のとおり置き換えると：
はレーダと目標間の距離を示しており、 c は光速であ 【0016】
る。 * 【数4】

$$\alpha = \frac{4\pi d}{c} F \quad (9)$$

$$\text{及び } \beta_i = 4\pi \frac{d}{c} k_i v \quad (10)$$

【0017】 i の0から3までの変化に対し次式を得 ※【0018】
る： ※10 【数5】

$$r_i = e^{j\alpha} \cdot e^{j\beta_i} \quad (11)$$

【0019】レーダの処理が繰り返される間、得られる ★【0020】
4つの受信信号 r_i により r_{ij} が次式で表される6個の 【数6】
異なる信号 r_{ij} を形成することが可能である： ★

$$r_{ij} = e^{j\alpha} [e^{j\beta_i} - e^{j\beta_j}] = e^{j\alpha} \cdot e^{j\left(\frac{\beta_i + \beta_j}{2}\right)} \cdot \sin\left[\frac{\beta_i - \beta_j}{2}\right] \cdot 2j \quad (12)$$

【0021】ここに r_{ij} は $r_{ij} = r_i - r_j$ である。 20☆【0024】更に、組 (i, j) は組 (m, n) と異なる
【0022】前述の信号 r_{ij} から、該方法は例えば次の 様に選択されており、該組 (m, n) は次の変数のイン
4つの信号を形成することができる： デックスが k の16の可能な値に理論的に利用され

$$u_k = r_{ij} r^{*an} \quad (13)$$

【0023】ここに、 r^{*an} は受信信号 r_{an} の共役複素 ★
数である；記号 $*$ は共役複素数であることを示す変数に 【0025】
以下で付けている； ☆ 【数7】

$$u_k = -4e^{j\left[\frac{(\beta_i + \beta_j) - (\beta_m + \beta_n)}{2}\right]} \cdot \sin\left[\frac{\beta_i - \beta_j}{2}\right] \cdot \sin\left[\frac{\beta_m - \beta_n}{2}\right] \quad (14)$$

【0026】関係式(14)から変数 u_k のアーギュメ 30◆【0027】
ント(argument：引き数)は次式で与えられる 【数8】
ことが導き出される： ◆

$$\left| \text{Argument}[u_k] \right| = \left| \frac{(\beta_i + \beta_j) - (\beta_m + \beta_n)}{2} \right| \quad (14')$$

【0028】関係式(10)と(14')から、中間値 * 【0030】を示すと次式を得る：
 u_k により推定される距離として、 【0031】
【0029】 【数9】
【外3】 40

$$\hat{d}_k = \frac{2\pi v \hat{d}_r [(k_i + k_j) - (k_m + k_n)]}{c} \quad (14'')$$

【0032】該推定された距離 ※

【0033】

【外4】

※50 【0034】はそれ故前述の関係式(14')から導き

出され、次の関係式により与えられる：

*【数10】

【0035】

$$\hat{d}_k = \left| \text{Argument}[u_k] \cdot \frac{c}{2\pi \left[(k_i + k_j) - (k_m + k_n) \right]} \right| \quad (15)$$

【0036】

※1000メータを越える距離までアンビギティを除去することができる。この様に、本発明によれば、目標からの距離は幾つかの推定関数

【外5】

\hat{d}_k

10 【0041】

【外7】

【0037】は16の異なる推定の中からの距離の推定である。

【0038】目標がレーダの範囲の外である時、各受信チャンネルはこの目標から2つの連続した送信周波数に対応した2つの連続した信号の合成を受ける。これにより歪みと更に受信信号の平均位相にずれを生ずる。この歪みは目標に対し伝播され戻ったレーダ波に対し要した時間、即ち往復運動の時間と、対象とする2つの周波数の間の差の直接関数である。この場合、前述の処理操作により16の推定値

【0042】により検出され、全ての推定関数は目標がアンビギティでない領域内にあればほぼ同じ結果を与え、目標がアンビギティ領域内にあれば互いに異なる結果を与える。

【0043】周波数平面は例えば、 u_k と

【0044】

20 【外8】

【0039】

【外6】

\hat{d}_k

【0045】の式から導き出されるある数の制約の関数として選択される。特に、検出用に使用される該信号 u_k は距離がゼロである範囲を除いたレーダの電界の範囲内では打ち消されない。これは特に次の関係式で書ける：

【0046】

【数11】

(16)

(17)

【0040】となる。この推定値は互いに非相関が高く、値 k_i と k_j は適切に選択される様に与えられている。これによりレーダ処理の場合、有効範囲より大きな距離から来るエコーを排除する効率的な基準が与えられる。実際には、例えば3つの値の k 接尾語を使用すると※

$$\frac{\beta_i - \beta_j}{2} \leq \pi$$

$$\frac{\beta_m - \beta_n}{2} \leq \pi$$

【0047】使用される項目 $(k_i - k_j)$ が750 kHz以下であることを特に意味する例えば200メー★

★タに等しい距離 d の場合、次式が与えられる：

$$|k_i - k_j| \leq 750 \text{ kHz}$$

$$\text{及び } |k_m - k_n| \leq 750 \text{ kHz}$$

(18)

【0048】更に、異なる周波数で受信した信号の識別により得られる雑音及び近距離クラッターを減少する目的を満すため、係数 u_k は例えば推定された距離が3メー★

☆0メータ未満に対してはできるだけ小さくする必要がある。例えば、 $|u_k| \leq 0.1$ とすると、距離 d が30メータの場合、次式を得る：

$$|\sin[2.10^{-7} \pi \nu (k_i - k_j)] \cdot \sin[2.10^{-7} \pi \nu (k_m - k_n)]| \leq 0.1$$

(19)

【0049】更に、項目 $(k_i - k_j)$ に関し前述の◆◆状態を与えると：

$$(2.10^{-7} \pi)^2 \nu^2 |(k_i - k_j)(k_m - k_n)| \leq 0.1$$

(20)

【0050】次式が与えられる：

$$\nu^2 |(k_i - k_j)(k_m - k_n)| \leq 2.5 \cdot 10^{11} \text{ Hz}^2$$

(21)

【0051】関係式(18)と(21)から、特に次式* *を得る：

$$|k_m - k_n| \leq 333 \text{ kHz}$$

(22)

【0052】更に、レーダの範囲の限界で、最大値に近※※い感度を得るため、係数 u_k は例えば距離 d が150メ

ータの場合1に近くなる。例えば、距離dが150メータに近い場合、 $|u_k| \geq 1/\sqrt{2}$ に設定することによ

$$\nu^2 |(k_i - k_j)(k_a - k_n)| \geq 7.2 \cdot 10^{10} \text{ Hz}^2 \quad (23)$$

【0053】関係式(22)及び(23)から特に次式※

$$|k_i - k_j| \nu \leq 216 \text{ kHz} \quad (24)$$

【0054】周波数平面を定めるための1つの条件として例えば距離に対応した位相の測定が範囲の最大までアンビギティでないことが必要である。この場合、次の関係式が例えば200メータの距離まで成立する必要がある★

★ある：

【0055】

【数12】

$$\frac{(\beta_i + \beta_j) - (\beta_m + \beta_n)}{2} \leq \pi \quad (25)$$

【0056】例えば次の様になる：

$$\nu |(k_i + k_j) - (k_a + k_n)| \leq 750 \text{ Hz} \quad (26)$$

【0057】次に、マイクロ波発振器の制御を可能にするため、周波数が例えば少なくとも200kHzだけ異なる信号のみ使用することが望ましい。この条件により次の関係式が導かれる：

$$|(k_i - k_j) \nu| > 200 \text{ kHz} \quad \text{及び} \quad |(k_a - k_n) \nu| > 200 \text{ kHz} \quad (27)$$

【0058】上記の条件から、距離を推定するため使用されるあらゆる4つの信号の組み合わせは例えば決められた目的に左右されるが、全ての組(i, j), (m, n)に対し関係式(18)、(22)、(24)及び(26)により定められる制限を少なくとも満たす必要があることを例えば導き出すことが可能である。これらの制限に基づき、周波数平面を例えば定めることができる。4つの周波数F0, F1, F2, F3は関係式(1)、(2)、(3)、(4)により定められる周波数 $k_i \nu$ が0から750kHzの間でほぼ一様に分布する様に特に選択されている。これらの周波数は例えば次式の様に分められる：

$$k_0 \nu \approx 0 \quad (28)$$

$$k_1 \nu \approx 250 \text{ kHz} \quad (29)$$

$$k_2 \nu \approx 500 \text{ kHz} \quad (30)$$

$$k_3 \nu \approx 750 \text{ kHz} \quad (31)$$

◆記号≒は“およそ等しい”ことを意味している。

20 【0059】正確な値の選択は、レーダの特別な形、特に異なる周波数が現れる順序、各送信方形波の期間及び周波数を変えるため局部発振器が元に戻る時間を考慮したシミュレーションに基づき最適化される。

【0060】図2は次の関係式により定められる3つの推定関数

【0061】

【外9】

$$\hat{d}_7, \hat{d}_8, \hat{d}_{13}$$

30 【0062】により0から1500メータの間の推定された距離について典型的な図を与えている：

【0063】

【数13】

$$\hat{d}_7 = \left| \text{Argument} \left[(r_0 - r_2)(r_1 - r_2)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi\nu[(k_0 + k_2) - (k_1 + k_2)]} \right| \quad (32)$$

$$\hat{d}_8 = \left| \text{Argument} \left[(r_0 - r_2)(r_1 - r_3)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi\nu[(k_0 + k_2) - (k_1 + k_3)]} \right| \quad (33)$$

$$\hat{d}_{13} = \left| \text{Argument} \left[(r_1 - r_2)(r_1 - r_3)^* \right] \cdot \frac{c}{2\pi\nu[(k_1 + k_2) - (k_1 + k_3)]} \right| \quad (34)$$

【0064】図では例として $\nu = 250 \text{ kHz}$ で、 $k_0 = 0$, $k_1 = 1$, $k_2 = 2$, $k_3 = 2$ である。

【0065】図2はx, y軸の系の前述の推定関数の図* 50

*であり、x軸は実際の距離を表し、y軸は推定された距離を表している。実線で書いた第1の曲線21は推定関

13

14

【0066】

【外10】

 \hat{d}_7

【0067】により推定した距離を表し、破線の第2の
曲線22は推定関数

【0068】

【外11】

 \hat{d}_{13}

【0069】を表し、点線の第3の曲線23は推定関数 10

【0070】

【外12】

 \hat{d}_8

【0071】を表している。これらの曲線は更に推定関*

$$\hat{d}_{\text{mean}} = \frac{\hat{d}_7 + \hat{d}_8 + \hat{d}_{13}}{3}$$

$$|\hat{d}_{13} - \hat{d}_7| \leq 0,025 \hat{d}_{\text{mean}} \quad (35)$$

$$|\hat{d}_7 - \hat{d}_8| \leq 0,025 \hat{d}_{\text{mean}} \quad (36)$$

$$|\hat{d}_8 - \hat{d}_{13}| \leq 0,025 \hat{d}_{\text{mean}} \quad (37)$$

$$\hat{d}_{13} \text{ の信号} = \hat{d}_7 \text{ の信号} = \hat{d}_8 \text{ の信号} \quad (38)$$

【0075】該確認関数は他の全ての場合ゼロである。

【0076】該確認関数は検出された目標がアンビギ
ティーでない時1に等しい。アンビギティーの時、該確認
関数はゼロに等しい。

※【0077】この確認関数の有効性は例えば次の追加制
約を加えることにより改善される：

【0078】

【数15】

$$K_1 = \frac{r_0 - r_1}{r_1 - r_2}, K_2 = \frac{r_1 - r_2}{r_2 - r_3}, K_3 = \frac{r_0 - r_1}{r_1 - r_3}, K_4 = \frac{r_0 - r_2}{r_1 - r_3}$$

$$\text{及び } K_{\text{mean}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{4}$$

【0079】 $|K_1 - K_{\text{mean}}| \leq 0,5$ (39)

$|K_2 - K_{\text{mean}}| \leq 0,5$ (40)

$|K_3 - K_{\text{mean}}| \leq 0,5$ (41)

$|K_4 - K_{\text{mean}}| \leq 0,5$ (42)

$K_{\text{mean}} \leq 1,1$ (43)

【0080】該確認関数は関係式(35)から(43)
が全て満たされれば1であり、満たされなければゼロで
ある。

★【0081】図3は軸x、yの系に於けるこの確認関数
の典型的な結果を曲線31で示しており、x軸は検出さ
れた距離を示しy軸は確認関数の値を示している。この
曲線31は特に0から300メートルの間を示しており、
検出された目標は有効であると考えられ、それ故レーダ
の処理操作により検討される。更に、300メートルを越
えたと目標は確認されない。実際には、関係式(39)
から(43)により与えられる有効性により距離の誤り

が取り除かれる。この距離の誤りは、しかし3つの推定関数が関係式(35)から(38)のもとで定められたブラケット(b r a c k e t)内に来る場合に対応している。これにより推定関数を示す3つの曲線21、22、23の分離された交差点24、25の様な特異な値を取り除くことが特に可能である。これにより、更に例えば図2の場合300メータから始まる負の傾斜を有する直線の区分26内に含まれる値の様な相関性がなく誤っている値を取り除くことが可能である。この種の値は明らかに誤っている。これは推定された距離が実際の距離の関数と共に増加する必要があるからである。追加された有効性の状態を使用することなく、これらの全ての値により与えられるアンビギティを避けるため、ある閾値以下、例えば200メータ以下の推定値のみ選り出す簡単な分類操作を行うことができる。

【0082】本発明に基づく方法の実施の前述の例は3つの推定関数を使用している。低い有効度が取り入れられるならば、即ち例えばこの低い有効度が他の追加された制約により補償されるならば、3つの推定関数のうち2つのみ選り出すことが可能である。この場合、前述の距離の閾値は例えば少なくすることができる。本発明に基づく方法の信頼性は、反対に各フレームでの推定関数を変えることにより高くなり、推定関数の数は例えばフレーム当たり3であり、更に例えば少なくとも1つの推定関数はあるフレームから他のフレームに対し変わっている。これにより目標のアンビギティを取り除く信頼性を改善することが可能であり、これは推定関数が異なるが推定によりあるフレームから他のフレームへの相関が残ることを確かめることができるからである。

【0083】本発明に基づく方法の他の可能な実施は、例えば各フレーム毎に推定関数を変えることによりフレーム毎に1つの推定関数のみを使用することから成る。この様に、3つの推定関数が継続して使用されるならば、アンビギティの除去は3フレーム毎に行われる、即ち必要な時間は3つの推定された距離を得るためである。この方式の実施により与えられる1つの利点は、幾つかの受信チャンネルを必要としないことである。しかし、1つの欠点はアンビギティを除去するため例えば少なくとも3つのフレームに対し通過を待たせることが必要であることである。

【0084】図4は本発明に基づく方法を実施するための典型的な可能な実施例を示すブロック図である。受信機はアナログ受信機である場合もあり、デジタル及びアナログ技術を使用することもでき、又は完全にデジタルにすることもできる。図4に示す典型的な実施例は完全なデジタル受信機を有しており、シンプルで信頼性が与えられている。この受信機は例えばホモダインタイプである。この典型的な実施例は更に周波数シフトキーイング連続波レーダにも適用でき、該波は例えば図1に示す形に基づく4つの周波数のフレームの形で送信される。

【0085】変調制御手段41は局部発振器42を制御し、該変調制御手段は関係式(1)から(4)及び関係式(28)から(31)に基づく4つの周波数を出力する。この発振器42はサーキュレータ43に接続され、このサーキュレータと図示していない増幅器を通してアンテナ44に送信波を与えている。このアンテナにより受信された信号はサーキュレータ43を通してミキサ45に与えられる。該ミキサ45は更にカプラ46を通して発振器42からの出力信号を受ける。ミキサ45からの出力信号は例えば増幅器47により増幅され、該増幅器の出力は整合フィルタ48の入力に接続されている。この整合フィルタ48の出力はアナログ-デジタル変換器49の入力に接続されている。この変換器49は受信され、増幅され更にフィルタを通った受信信号をサンプリングし、デジタル的に変換する。該サンプリングは例えば400kHzの周波数で行われ、レーダの4つの送信周波数に対応し周波数が100kHz離れた4つのデジタル信号を発生する。レーダの送信周波数はそれぞれが方形波で2.5μsの期間を有している。次に送信方形波毎にサンプリングされる。該変換器の後には4つの受信チャンネルが続き、1つのチャンネルは1つの送信周波数に関連している。アナログ-デジタル変換器の速度が不十分な時、この変換器は4つの変換器に置き換えられ、それぞれの変換器は受信チャンネルに割り当てられている。各受信チャンネルは入力にランダムアクセスメモリ即ちRAM50を有し、チャンネルの周波数に対応したサンプリング信号を記憶する。RAM50の出力はサンプリング信号の補間とフィルタリングを行う手段51に接続されている。これらの手段は例えば、直線補間を行い、検出された目標の場合あるチャンネルから他のチャンネルへのドップラー位相シフトに起こり得る差を補償する。これらの位相シフトは送信と受信が全てのチャンネルで時間的に同じ点で行われなないことに関連している。信号は次にローパスフィルタを通る。このフィルタのカットオフ周波数は例えば相対速度が160km/hに等しい場合、例えば最大ドップラー位相シフトに対応している。

【0086】補間及びフィルタリングの手段51の後には種々の信号を形成する手段52が続いている。高速フーリエ変換計算手段53は種々の信号の位相シフト間の位相シフトを定めるため、それ故関係式(15)に基づき定められた距離推定関数に必要なアーギュメントを定めるため使用されている。この様に、図2及び関係式(32)、(33)及び(34)に関連し、本発明に基づく方法の典型的な実施例を適用することにより、種々の信号を形成する手段により信号 $r_0 - r_2$ 、 $r_1 - r_2$ 及び $r_1 - r_3$ が与えられる。高速フーリエ変換を計算する手段53は計算された位相シフトを計算手段54に送る差信号のそれぞれに加える。これらの手段54は例えば、メモリ内に例えば関係式(28)から(3

1)に基づき定められた周波数 k_i の値と定数 π と c とを有している。これらの手段は関係式(32)から(34)に基づき推定された距離を計算し、次に関係式(35)から(38)まで、又は(35)から(43)により定められた確認関数を適用し、種々の係数又は定数を記憶する。計算手段54は例えば特に速度検出を含んだより多くの関数を有した信号処理コンピュータ内に含まれている。前述の係数に基づき行われた計算を行うため信号処理コンピュータ内にあらゆる特別な追加の回路を必要としない。

【0087】本発明に基づく方法は送信されるピーク電力にいかなる増加も必要でなく、その主な利点の1つは使用される波形の効率が低いことである。該効率は受信チャネルに対応する周波数の送信の期間に対する受信チャネルの開く期間の比により定められる。例えば60%の効率を得ることができる。本発明に基づく方法は該方法が回路を実質的に複雑にしない範囲において特に経済的であり、更に受信機が低価格であるホモダインタイプの受信機に良く適合できる。特に、該方法はデジタル技術により作られた受信機に良く適合する。この特徴は更に該方法の応用を経済的にすることができる。実際には、必要なデジタル回路の殆どはすでに利用でき、特に信号処理に利用できる。これは特に高速フーリエ変換を計算する手段と、種々の信号を形成するための手段と、補間及びフィルタリング手段とメモリを備えた場合である。デジタル技術により更に検出の信頼性を増加することができる。これは、該技術が特別な調節を必要とせず、しかも時間が変動することが全くないからである。この出願により行った種々のシミュレーションにより、更に本発明に基づく方法は発振器の周波数変動と、受信機からの雑音と、更に受信チャネル間の微分利得に対する感度が低いことを示していることが提示されている。図4に示す実現された装置は連続波レーダに取り入れることができる。更に、該装置はモノパルスレーダに適合する様に備え付ける事ができ、種々の受信チャネルは合計したチャネルとして表すことができる。

【0088】最後に、本発明は周波数シフトキーイングレーダでないレーダにも適用できる。例えば、周波数は一定のままであるが、位相が変化するレーダに適用でき、距離推定関数はこの明細で示した関数と異なっている。周波数シフトキーイングレーダの場合の様に、本発明に基づく方法は全ての推定関数が、目標がアンビギティでない領域にある時はほぼ同じ結果を出し、該目標がアンビギティな領域内にあれば互いに異なる結果を出す様に、幾つかの推定関数により検出された目標からの距離を計算する。

【0089】本発明は4つの周波数の送信波形の使用に基づき説明した。しかし、本発明は他の数の周波数、例えば5つの周波数にも適用でき、該5つの送信周波数は次の関係式で与えられる：

$$F_0 = F$$

$$F_1 = F + k_0 \nu \quad (45)$$

$$F_2 = F + k_1 \nu \quad (46)$$

$$F_3 = F + k_2 \nu \quad (47)$$

$$F_4 = F + k_3 \nu \quad (48)$$

【0090】例えば、これらの周波数の値はほぼ次の様になる：

$$F_0 = 76 \text{ GHz}$$

$$F_1 = F_0 + 250 \text{ kHz}$$

$$F_2 = F_0 + 500 \text{ kHz}$$

$$F_3 = F_0 + 750 \text{ kHz}$$

$$F_4 = F_0 + 1000 \text{ kHz}$$

【0091】この場合、距離を計算するため有効な周波数は例えば関係式(5)から(43)に基づく周波数 F_1 、 F_2 、 F_3 及び F_4 である。

【0092】ここに示した例では、周波数間のピッチは一定である。しかし、これは必ずしも必要でない。言い換えれば、値 ν はある周波数から他の周波数に対し同じでなく各周波数で値 ν_i を取る。この場合、関係式(10)の係数 β_i は次の様になる：

【0093】

【数16】

$$\beta_i = 4\pi \frac{d}{c} k_i \nu_i$$

【0094】他の関係式は距離の計算に対し同じ方法で適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用できるレーダの受信における典型的な波形を示す。

【図2】3つの推定関数に基づき推定された距離の典型的な図を示す。

【図3】前述の3つの関数から推定される距離確認関数の表現の例示である。

【図4】本発明に基づく方法の実現に対する可能な典型的な実施例を示す。

【符号の説明】

1 周波数シフトキーイング連続波レーダの送信における波形の例

2 周波数シフトキーイング連続波レーダの受信における波形の例

21、22、23 推定関数

41 変調制御手段

42 局部発振器

43 サーキュレータ

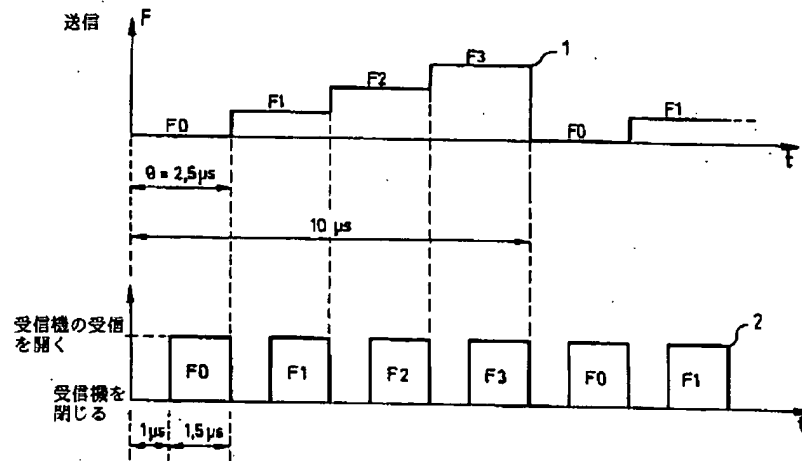
44 アンテナ

50 45 ミキサ

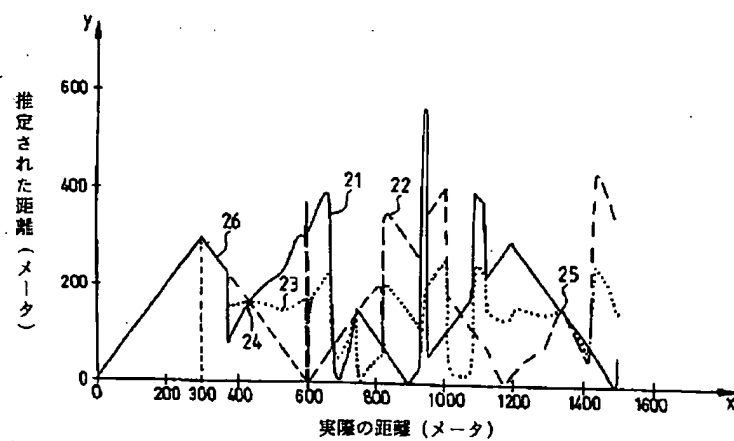
46 カプラ
 47 増幅器
 48 整合フィルタ
 49 アナログーデジタル変換器
 50 RAM

51 サンプリング信号の補間とフィルタリングを行う手段
 52 種々の信号を形成する手段
 53 高速フーリエ変換計算手段
 54 位相シフトの計算手段

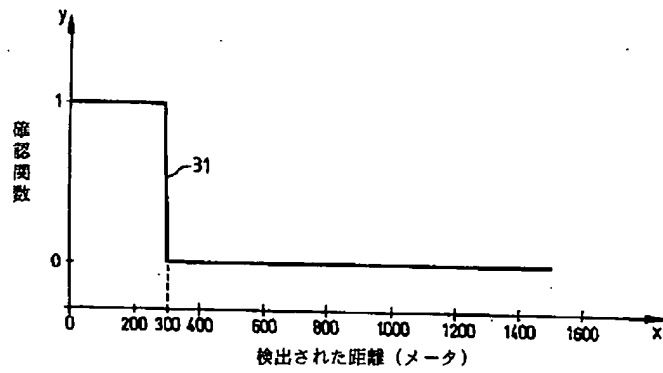
【図1】



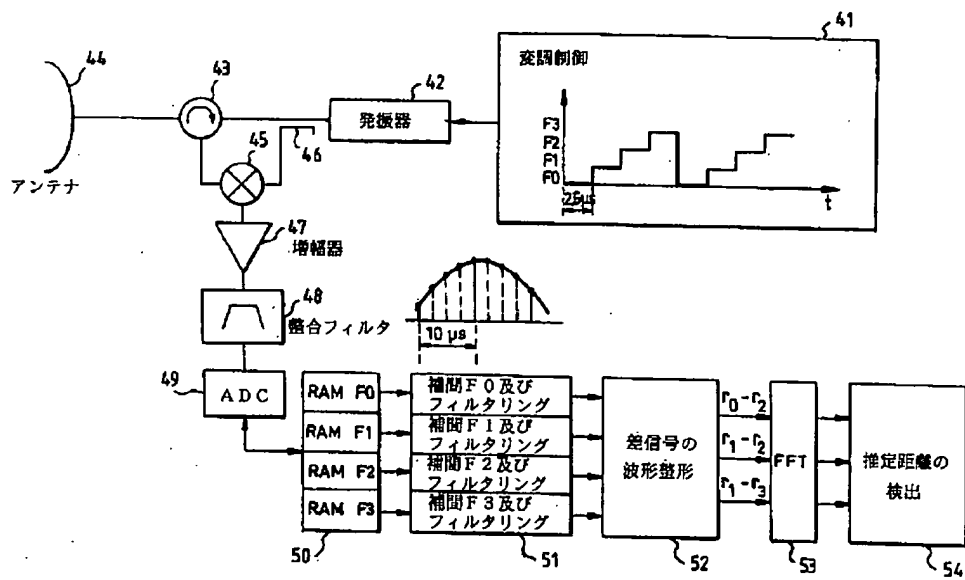
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.